



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月 2日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-335756

出 願 人

Applicant(s):

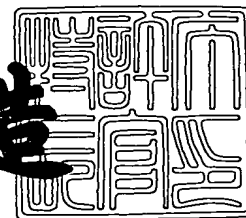
株式会社ニコン

株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3070856

【書類名】 特許願

【整理番号】 001792

【提出日】 平成12年11月 2日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 23/225

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
                                内

    【氏名】 佐竹 徹

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 荏原マイスター株式  
                                会社内

    【氏名】 中筋 護

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
                                内

    【氏名】 狩俣 努

【特許出願人】

    【識別番号】 000004112

    【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【特許出願人】

    【識別番号】 000000239

    【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

    【識別番号】 100089705

    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2  
                                0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100091063

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 英夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100096068

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 住江

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及びそれを用いるデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一次光学系によって試料に一次電子線を照射し、試料から放出された二次電子線を  $E \times B$  分離器で一次光学系から分離して二次光学系に導く電子線装置において、

二次電子線の上記  $E \times B$  分離器の磁場による偏向量を電場による偏向量の 2 倍とし、且つ、前記磁場による偏向方向と前記電場による偏向方向とを逆としたことを特徴する電子線装置。

【請求項 2】 一次光学系によって一次電子線を試料に照射し、該試料から放出された二次電子線を  $E \times B$  分離器により一次光学系から分離し、二次光学系に導く電子線装置において、

一次電子線の前記分離器の磁場による偏向量を電場による偏向量の 2 倍とし、且つ、前記磁場による偏向方向と前記電場による偏向方向とを逆としたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載の電子線装置において、前記一次光学系によって複数のビームからなる一次電子線を形成して試料面を照射し、前記複数のビームからなる一次電子線の照射により前記試料から放出された二次電子線を複数の二次電子線検出器で検出することを特徴とする電子線装置。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の電子線装置が欠陥検査装置、線幅測定装置、合わせ精度測定装置及び高時間分解能の電位コントラスト測定装置のうちのいずれか一つであることを特徴とする電子線装置。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の電子線装置を用いてプロセス途中のウェーハの評価を行なうことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、最小線幅が 0.2 マイクロメートル以下のパターンの欠陥検査、線幅測定、合わせ精度測定、つなぎ測定及び高時間分解能電位コントラスト測定等

を高スループット、高信頼性で行なうことができる電子線装置及びそれを用いたデバイス製造方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

ウィーンフィルタ又は $E \times B$ 分離器を用いて、一次電子線と、それによって照射された試料から放出された二次電子線とを分離するようにした電子線装置は公知である。例えば、試料に垂直な光軸に対して所定の角度をなすように電子銃から一次電子線を放出し、この一次電子線の進行方向をウィーンフィルタにより光軸に沿うよう偏向して一次電子線を試料に垂直に入射させ、試料から放出された二次電子線をウィーンフィルタによって一次電子線から分離して光軸に沿って進行させ、検出器に入射させる電子線装置が知られている。また、一次電子線を試料に対して垂直に入射させ、それによって試料から放出される二次電子線を $E \times B$ 分離器によって一次電子線から分離して検出器に入力する電子線装置が知られている。

## 【0003】

こうした従来の電子線装置においては、一次電子線のエネルギー幅が大きいと、一次電子線の持つエネルギーの大小に応じて、 $E \times B$ 分離器によって偏向される角度が相違し、それが原因で一次電子線に色収差が発生するため、一次電子線からなるビームを細く絞ることができないという問題があった。また、色収差の問題は、一次電子線の照射により試料から放出された二次電子線を光軸に沿って直線的に進行させて検出器に入射させる電子線装置においても生じる。試料から放出された二次電子線のエネルギー幅が広いと、二次電子線が二次光学系を通過する際に色収差が発生することになり、二次電子の正確な検出に悪影響を及ぼしていた。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、こうした従来の電子線装置の課題を解決するために提案されたものであり、一次電子線を細く絞って試料を走査する電子線装置において、 $E \times B$ 分離器の色収差の影響を大幅に低減し、或いは、二次電子線の像を写像投影して検

出する電子線装置において、二次電子線のエネルギー幅に起因する色収差を大幅に低減する手段を提供することを目的とする。

【0005】

また、本発明は、このような色収差を低減した電子線装置を用いた欠陥検査装置等を提供することを目的とする。更に、こうした欠陥検査装置等を用いてプロセス途中のウェーハの検査を行なうデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項1の発明は、

一次光学系によって試料に一次電子線を照射し、試料から放出された二次電子線をE×B分離器で一次光学系から分離して二次光学系に導く電子線装置において、

二次電子線の上記E×B分離器の磁場による偏向量を電場による偏向量の2倍とし、且つ、前記磁場による偏向方向と前記電場による偏向方向とを逆としたことを特徴する電子線装置、  
を提供する。

【0007】

つまり、一次光学系によって一次電子線を試料に照射し、試料から放出された二次電子線をE×B分離器で一次光学系から分離して二次光学系に導く電子線装置において、二次電子線のE×B分離器の磁場による偏向量を電場による偏向量の2倍且つ偏向方向を逆としたことを特徴とする。

【0008】

請求項2の発明は、

一次光学系によって一次電子線を試料に照射し、該試料から放出された二次電子線をE×B分離器により一次光学系から分離して二次光学系に導く電子線装置において、一次電子線の前記分離器の磁場による偏向量を電場による偏向量の2倍とし、且つ、前記磁場による偏向方向と前記電場による偏向方向とを逆としたことを特徴とする電子線装置、

を提供する。

【0009】

つまり、一次光学系によって試料に一次電子線を照射し、試料から放出された二次電子線をE×B分離器により一次光学系から分離して二次光学系に導く電子線装置において、E×B分離器による一次電子線の磁場による偏向量が電場による偏向量の2倍であり且つ偏向方向が逆であるようにしたことを特徴とする。

【0010】

請求項3の発明は、請求項2記載の電子線装置において、前記一次光学系によって複数のビームからなる一次電子線を形成して試料面を照射し、前記複数のビームからなる一次電子線の照射により前記試料から放出された二次電子線を複数の二次電子線検出器で検出することを特徴とする。

【0011】

請求項4の発明は、請求項1～3のいずれか一つに記載の電子線装置が欠陥検査装置、線幅測定装置、合わせ精度測定装置及び高時間分解能の電位コントラスト測定装置のうちのいずれか一つであることを特徴とする。

【0012】

請求項5の発明は、請求項1～4のいずれか一つに記載の電子線装置を用いてプロセス途中の半導体デバイスを検査することを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

【0013】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明に係る電子線装置の第1の実施の形態を概略的に示す図であり、試料に垂直な光軸Xに対して、電子銃を含む一次系と検出器を含む二次系とが互いに反対側に所定の角度をなして配置される。図1において、電子銃から放出された一次電子線2は開口（図示せず）により長方形に整形され、レンズ3、4によって縮小されてE×B分離器5に入射する。このとき、一次電子線2と光軸Xとのなす角度は $3\alpha$ であるとする。即ち、E×B分離器5は静電偏向のための電場を作る電極6と電磁偏向のための磁場を作る磁石7とを備えており、E×B分離器5は、そこに入射した一次電子線2を電極6の静電偏向作用によって左へ

、即ち光軸Xに近づくように角度 $\alpha$ だけ偏向させ、磁石7の電磁偏向作用によって左へ角度 $2\alpha$ だけ偏向させ、合計して角度 $3\alpha$ だけ左に偏向させて試料8に垂直な光軸Xに沿って進行させる。その後、一次電子線2はレンズ系9、10を経て試料8に入射し、試料8を照射する。角度 $\alpha$ は例えば10度である。

#### 【0014】

一次電子線2の照射によって試料8から放出された二次電子線11はレンズ系9、10によって拡大された後、E×B分離器5に入射し、その電極6及び磁石7の作用によって光軸Xから $\alpha$ 度だけ右へ、即ち光軸Xから遠ざかるように偏向される。E×B分離器5によって一次電子線から分離された二次電子線11はレンズ系12、13を含む二次光学系によって拡大され、検出器14上に結像する。検出器14の出力は画像処理装置15で適宜の処理をされ、画像メモリ16に蓄積される。

#### 【0015】

第1の実施の形態においては、E×B分離器5により生じる色収差は、二次電子線11を処理する二次光学系においての方が問題となる。そこで、E×B分離器5による色収差が二次電子線11に対して及ぼす影響を解消するため、E×B分離器5の静電偏向作用と電磁偏向作用が二次電子線を互いに逆の方向へ偏向させ、且つ、静電偏向作用が二次電子線を偏向する角度と電磁偏向作用が二次電子線を偏向させる角度との間に所定の関係を持たせるようにする。これにより、試料8から放出されて光軸Xに沿って進行してきた二次電子線11は、光軸Xに関して一次電子線2とは反対の方向に所定の角度だけ偏向され、しかも、そのときには二次電子線の持つエネルギー幅による色収差を無視できる大きさにすることができる。

#### 【0016】

そこで、二次電子線11がE×B分離器5に入射したとき、E×B分離器5の電極6は静電偏向作用により二次電子線11を左へ、即ち光軸Xに近づくように角度 $\alpha$ だけ偏向させ、磁石7は右へ、即ち光軸Xから遠ざかるように角度 $2\alpha$ だけ偏向させる。このとき、E×B分離器5へ入射する二次電子線のビームエネルギーを $V_0$ とすると、 $V_0$ よりも $\Delta V$ だけ小さいエネルギーを持つ二次電子線は



、電極 6 によって角度

【0 0 1 7】

【数 1】

$$\alpha / (1 - \Delta V / V_0) = \beta$$

だけ、光軸 X から左へ、即ち光軸 X に近づくように偏向されることになり、同時に、 $V_0$  よりも  $\Delta V$  だけ小さいエネルギーを持つ二次電子線 1 1 は磁石 7 によって角度

【0 0 1 8】

【数 2】

$$2\alpha / \{1 - (\Delta V / V_0)\}^{1/2} = \gamma$$

だけ、光軸 X に関して右へ、即ち光軸 X から遠ざかるように偏向される。第一次近似では、 $(1 - \Delta V / V_0)^{-1} = (1 + \Delta V / V_0)$  であり、 $2\{1 - (\Delta V / V_0)\}^{-1/2} = 2\{1 + (1/2)(\Delta V / V_0)\}$  であるから、

【0 0 1 9】

【数 3】

$$\gamma - \beta = 2\alpha \{1 + (1/2)(\Delta V / V_0)\} - \alpha (1 + \Delta V / V_0) = \alpha$$

が成り立つ。換言すると、E × B 分離器 5 の静電偏向作用と電磁偏向作用との相殺により二次電子線のエネルギー幅に関する項が消去され、二次電子線 1 1 は E × B 分離器 5 によって光軸 X に関して右へ、即ち光軸 X から遠ざかるように角度  $\alpha$  だけ偏向されるのみであるので、E × B 分離器 5 による色収差を無視することができる。

【0 0 2 0】

図 2 は、本発明に係る電子線装置の第 2 の実施の形態を概略的に示す図である。この第 2 の実施の形態においても、試料に垂直な光軸 X に対して、電子銃を含む一次系と検出器を含む二次系とが互いに反対側に所定の角度をなして配置される。図 2 において、電子銃 1 から放出された一次電子線 2 はコンデンサレンズ 2 0 によってブランキング開口板 2 1 の開口に収束される。一次電子線 2 は開口板 2 1 へ進行する前に多数の開口を有する開口板 2 2 を通過し、これによって、所望の本数の細いビームを有するマルチビームとされる。マルチビーム化され

た一次電子線 2 は、開口板 21 を通過した後、縮小レンズ 23、24 によって所定寸法のビームへ縮小されて縮小像 22' を形成した後、E×B 分離器 5 に入る。このとき、一次電子線 2 と光軸 X とのなす角度は  $\alpha$  である。一次電子線 2 は E×B 分離器 5 によって角度  $\alpha$  だけ曲げられて試料 8 に垂直な光軸 X に沿って進み、更に対物レンズ 25 及び対称電極 26 によって縮小されてから試料 8 を照射する。

## 【0021】

E×B 分離器 5 から出た一次電子線 2 によって試料 8 を、開口板 22 の開口の配列方向とは直角の方向（図 2 において、紙面に垂直な方向）に走査するため、一次電子線 2 の光路に沿って走査用電極 27、28 が配置され、また、ブランキング時に一次電子線 2 の進行方向を正常な進行方向から逸らせて光路 29 に沿って進行させるため、ブランキング偏向器 30、31 が設けられる。

## 【0022】

試料 8 は、一次電子線 2 を構成する複数の細いビームのそれぞれによって照射された各個所から二次電子線 11 を放出する。こうして放出されたマルチビームの二次電子線 11 は E×B 分離器 5 によって一次電子線から分離され、結像電子光学系 32、33 によって拡大され、開口板 22 の開口と対応する開口を有する開口板 34 を通過してマルチ検出器 35 に入射する。ここで、開口板 22 と開口板 34 は光軸の回りに  $90^\circ$  回転させた図を表示している。

## 【0023】

この場合にも、E×B 分離器 5 に起因する色収差が一次電子線及び二次電子線について問題となるが、二次光学系で発生する色収差は、マルチビームを構成する複数のビームの相互間隔を広げることにより影響を小さくすることができる。

## 【0024】

一方、E×B 分離器 5 による色収差が一次電子線 2 に対して及ぼす影響を解消するため、第 2 の実施の形態においては、E×B 分離器 5 の静電偏向作用と電磁偏向作用が一次電子線を互いに逆の方向へ偏向させ、且つ、静電偏向作用が一次電子線を偏向する角度と電磁偏向作用が一次電子線を偏向させる角度との間に所定の関係を持たせるようにする。これにより、電子銃 1 から放出されて光軸 X に

対して斜めに進行してきた一次電子線 2 は、光軸 X に関して左へ、即ち光軸 X に近づくように所定の角度だけ偏向され、しかも、そのときには一次電子線 2 の持つエネルギー幅の影響を無視することができる。

## 【 0 0 2 5 】

これを具体的に説明すると、E × B 分離器 5 は、一次電子線 2 を電極 6 の静電偏向作用により角度  $\alpha$  だけ右へ、即ち、光軸から遠ざかるように偏向し、磁石 7 の電磁偏向作用により角度  $2\alpha$  だけ左へ、即ち、光軸 X に近づくように偏向する。その結果、E × B 分離器 5 に入射した一次電子線 2 は、全体として左へ角度  $\alpha$  だけ偏向される。この場合には、一次電子線 2 の持つエネルギー幅の影響を無視することができる。具体的には、一次電子線 2 のエネルギー幅の広がり起因する色収差は解消される。

## 【 0 0 2 6 】

数学的に説明すると、E × B 分離器 5 へ入射する二次電子線のビームエネルギーを  $V_0$  としたとき、 $V_0$  よりも  $\Delta V$  だけ小さいエネルギーを持つ一次電子線は、電極 6 によって角度

## 【 0 0 2 7 】

【数 4】

$$\alpha / (1 - \Delta V / V_0) = \delta$$

だけ偏向される。この値は  $\alpha$  より大きいので、余分に右へ、即ち光軸 X から遠ざかるように偏向されることになり、同時に、 $V_0$  よりも  $\Delta V$  だけ小さいエネルギーを持つ一次電子線は磁石 7 によって角度

## 【 0 0 2 8 】

【数 5】

$$2\alpha (1 - \Delta V / V_0)^{-1/2} = \theta$$

だけ偏向される。この値は  $2\alpha$  より大きいので、余分に左へ、即ち光軸 X に近づくように偏向される。そこで、これらの角度の差として、

## 【 0 0 2 9 】

【数 6】

$$\theta - \delta = 2\alpha (1 - \Delta V / V_0)^{-1/2} - \alpha (1 - \Delta V / V_0)^{-1}$$

が求まる。 $\Delta V$ は $V_0$ に比べて極めて小さいので、第一次近似として、

【0030】

【数7】

$$(1 - \Delta V / V_0)^{-1/2} \doteq (1 + \Delta V / 2 V_0)$$

が成り立つので、結局、

【0031】

【数8】

$$\begin{aligned} \theta - \delta &\doteq 2\alpha (1 - \Delta V / 2 V_0) - \alpha (1 - \Delta V / V_0) \\ &= \alpha \end{aligned}$$

が成立する。こうして、一次電子線2がE×B分離器5によって光軸Xに近づくように角度 $\alpha$ だけ偏向されるとき、一次電子線の持つエネルギー幅を無視することができるので、E×B分離器5による色収差を解消することができる。

【0032】

なお、二次光学系で発生する色収差は、一次電子線2を構成する複数のビームを一つの列上に配列し、これらのビームの配列方向と直角の方向にE×B分離器5において偏向する場合には、ビームの配列方向とは直角な方向に生じるので、色収差によって複数のビーム間のクロストークが増すことはない。

【0033】

図1及び図2により説明した、本発明に係る電子線装置は、欠陥検査装置、合わせ精度測定装置、線幅測定装置、高時間分解能電位コントラスト測定装置、欠陥レビュー装置、ストロボSEM装置等の各種の装置に適用することが可能である。また、本発明に係る電子線装置はプロセス途中のウェハの評価を行うために使用することができる。以下、プロセス途中のウェハの評価について説明する。半導体デバイスの製造工程は、図3に示すように、

- (1) ウェハを製造するウェハ製造工程、
- (2) 露光に使用するマスクを製作する又は準備するマスク製造又は準備工程、
- (3) ウェハに必要な加工処理を行うウェハプロセッシング工程、
- (4) ウェハ上に掲載されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能ならしめるチップ組立工程、

(5) 出来たチップを検査する検査工程、  
の各主工程を含む。それぞれの工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【 0 0 3 4 】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウェハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェハプロセッシング工程は、

(31) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、あるいは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程 (CVDやスパッタリング等を用いる)、

(32) この薄膜層やウェハ基板を酸化する酸化工程、

(33) 薄膜層やウェハ基板等を選択的に加工するためにマスク (レチクル) を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィ工程、

(34) レジストパターンにしたがって薄膜層や基板を加工するエッチング工程 (例えばドライエッチング技術を用いる)、

(35) イオン・不純物注入拡散工程、

(36) レジスト剥離工程、

(37) 更に加工されたウェハを検査する検査工程、  
の各工程を含む。

【 0 0 3 5 】

なお、ウェハプロセッシング工程の中核をなす (33) のリソグラフィ工程は、前段の工程で回路パターンが形成されたウェハ上にレジストをコーティングするレジスト工程、レジストを露光する露光工程、露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程、及び、現像されたレジストのパターンを安定化するためのアニール工程を含む。

【 0 0 3 6 】

本発明に係る電子線装置は、「(37) 更に加工されたウェハを検査する検査工程」において使用することができる。

以上、本発明に係る電子線装置の実施の形態を説明したが、本発明はこうした実施の形態に限定されるものではない。例えば、試料 8 の異なる位置を同時に照

射できるよう、電子銃、一次光学系、二次光学系及び検出器からなる電子線照射・検出系を複数系統設け、複数の電子銃から出た複数の一次電子線で試料を照射し、試料から放出された複数の二次電子線を複数の検出器で受け取るようにしてもよい。これにより、検査や測定に要する時間を大幅に短縮することができる。

【 0 0 3 7 】

【発明の効果】

以上、本発明に係る電子線装置に関する若干の実施の形態について説明したところから理解されたとおり、本発明は、一次電子線又は二次電子線のエネルギー分布により  $E \times B$  分離器で発生する色収差の影響を低減することができるという格別の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る電子線装置の第 1 の実施の形態を概略的に示す図である。

【図 2】

本発明に係る電子線装置の第 2 の実施の形態を概略的に示す図である。

【図 3】

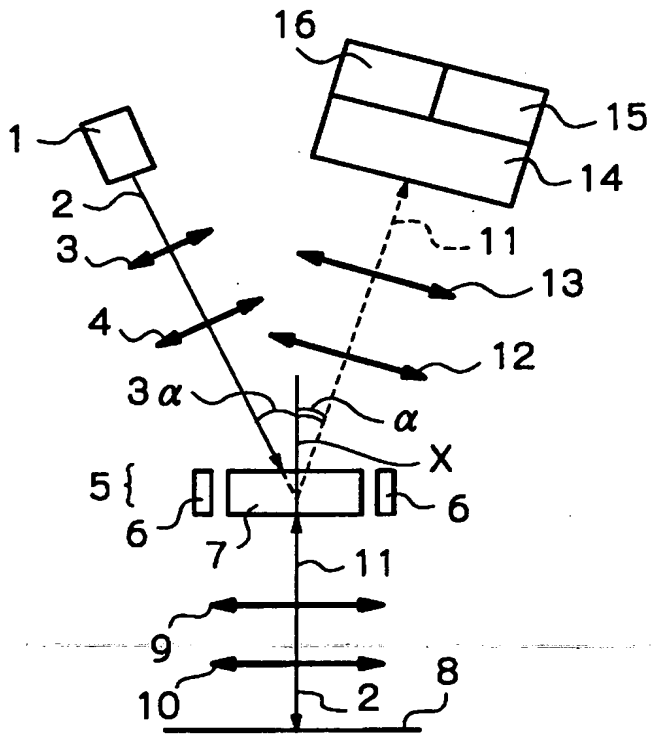
半導体デバイスの製造工程を説明するための図である。

【符号の説明】

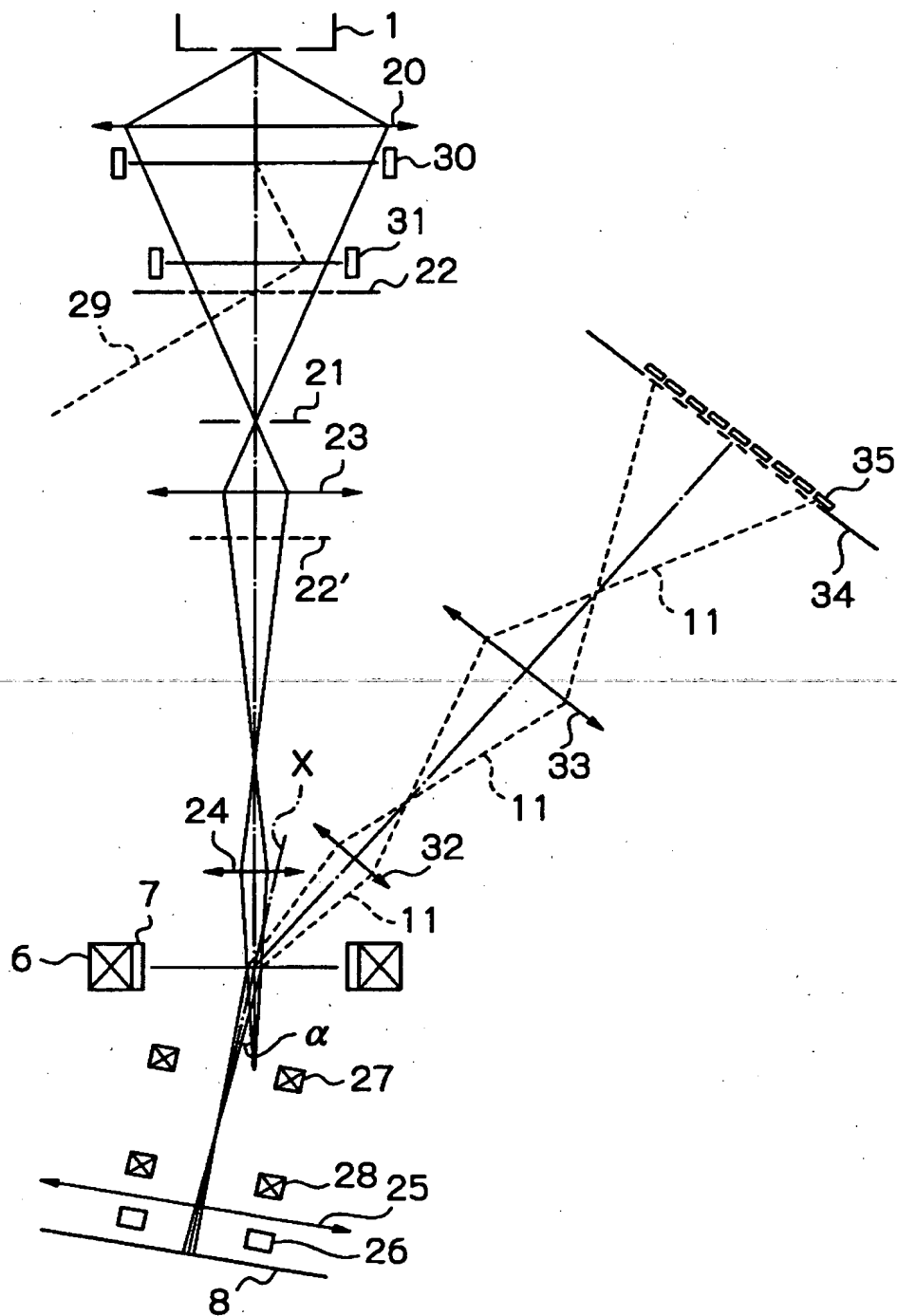
1 : 電子銃、 2 : 一次電子線、 5 :  $E \times B$  分離器、 6 : 電極、  
7 : 磁石、 8 : 試料、 11 : 二次電子線、 14 : 検出器、  
23、24、33 : 開口板、 34 : 検出器

【書類名】 図面

【図1】

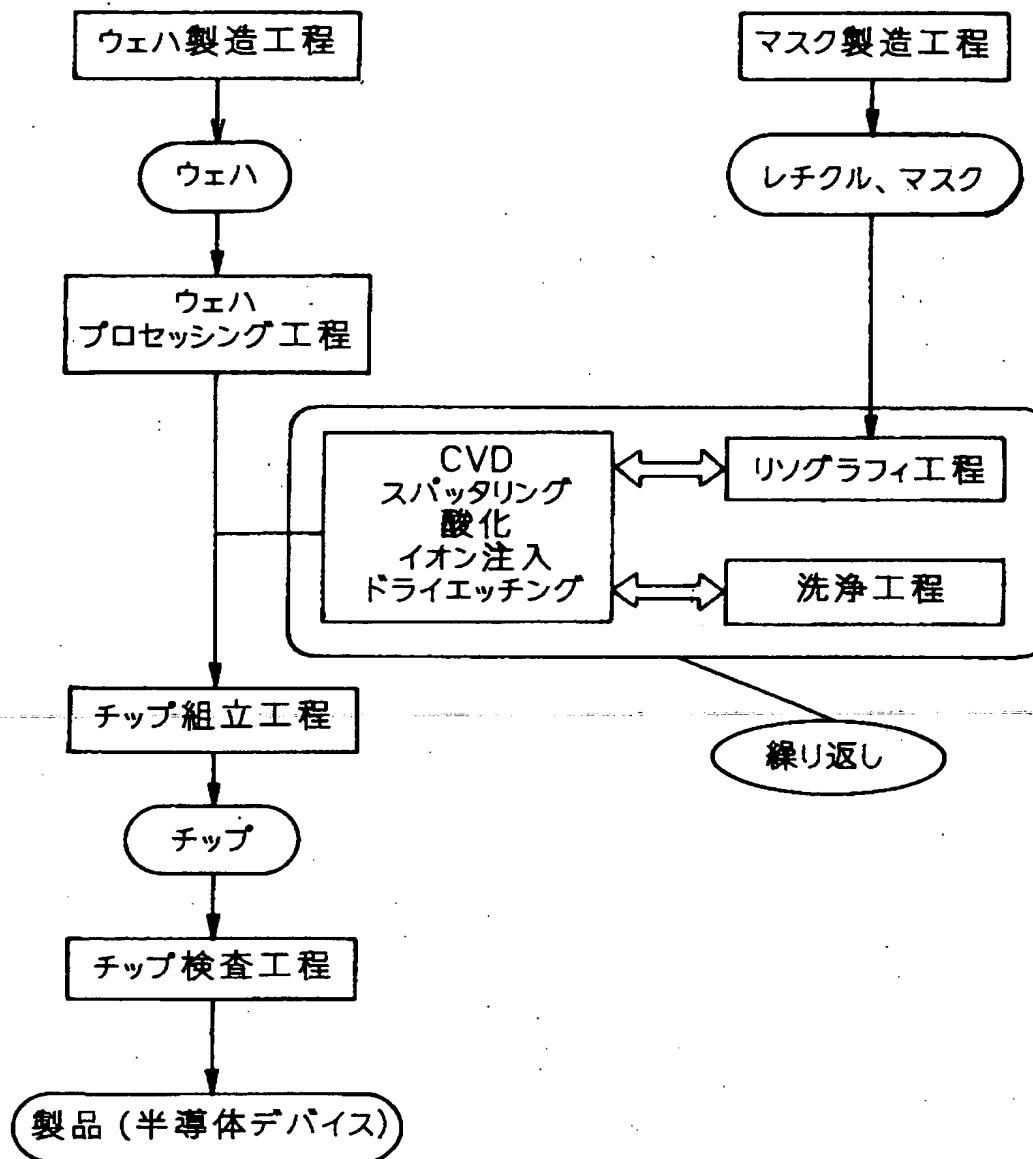


【図 2】





【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一次電子線又は二次電子線にエネルギー幅が存在することにより  $E \times B$  分離器で発生する色収差の影響を低減すること。

【解決手段】 電子線装置は、一次光学系 3、4 によって試料 8 に一次電子線 2 を照射し、試料 8 から放出された二次電子線 11 を  $E \times B$  分離器 5 で一次光学系から分離して二次光学系 12、13 に導く。このとき、二次電子線 11 の  $E \times B$  分離器 5 の磁場による偏向量を電場による偏向量の 2 倍とし、且つ、前記磁場による偏向方向と前記電場による偏向方向とを逆とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

|          |                   |
|----------|-------------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月29日       |
| [変更理由]   | 新規登録              |
| 住 所      | 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 |
| 氏 名      | 株式会社ニコン           |

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

|          |                 |
|----------|-----------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月31日     |
| [変更理由]   | 新規登録            |
| 住 所      | 東京都大田区羽田旭町11番1号 |
| 氏 名      | 株式会社荏原製作所       |